

## 明 細 書

### キャッシュメモリ及びその制御方法

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、プロセッサのメモリアクセスを高速化するためのキャッシュメモリおよびその制御方法に関する。

#### 背景技術

- [0002] 近年のマイクロプロセッサでは、例えば、SRAM(Static Random Access Memory)等から成る小容量で高速なキャッシュメモリをマイクロプロセッサの内部、もしくはその近傍に配置し、データの一部をキャッシュメモリに記憶することによって、マイクロプロセッサのメモリアクセスを高速化させている。
- [0003] 上記コンピュータシステムでは、中央処理装置からキャッシュメモリへのリードアクセスまたはライトアクセスがミスヒットした場合に、主記憶装置から新たに読み出したデータの一部が、エントリ(登録項目)としてキャッシュメモリの空きブロックに格納される。この時、空きブロックが存在しない場合には、複数のブロックの何れか1つを選択し、選択されたブロックに格納されているエントリを主記憶装置に戻してブロック内を空き状態にし、この空きブロックに新たに読み出したデータを格納するエントリ置換処理が必要になる。上記エントリ置換処理では、最も以前に参照したデータを格納しているブロックを選択する手法、すなわち、LRU(Least Recently Used)デコード方式が一般的に採用されている。このLRUデコード方式によってキャッシュメモリの使用効率が向上し、その結果、マイクロプロセッサの実行速度が向上する。
- [0004] マイクロプロセッサが処理するプログラムの中には、アクセス頻度は少ないものの、ひとたび起動された場合には高速に処理しなければならないような特殊な処理と、アクセス頻度は多いが、実行速度がそれほど要求されないような処理とが存在する。
- [0005] そこで、これに対応するために例えば特許文献1等の従来技術では、キャッシュメモリにフリーズ機能を設けている。フリーズ機能は、アクセスは少ないものの、ひとたび起動された場合には高速に処理しなければならないようなプログラムを予めキャッシュメモリ内にコピーしておき、その領域を書き換え禁止にしておく機能である。この

機能を有することで、コンピュータシステムは、必要な時にプログラムをキャッシュメモリから読み出して実行することができ、これにより実行時間が短縮する。また、ページ機能は、アクセス頻度は多いが、実行速度がそれほど要求されないようなプログラムやデータをキャッシュメモリ内に保存しておくことなく、その領域を解放する機能である。この機能を有することで、キャッシュメモリに余裕ができ、優先度の高い他のプログラムやデータをキャッシュメモリに取り込むことができ、これにより、キャッシュメモリの利用効率が向上し、総合的な実行時間が短縮する。

特許文献1:特開2003-200221号公報

### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、フリーズ機能もページ機能も、アクセス頻度の高いデータをキャッシュメモリに留めたり、アクセス頻度の低いデータをキャッシュメモリから追い出すことを可能としているが、フリーズ機能及びページ機能の制御のために複雑な回路を必要とするという問題がある。

[0007] 本発明は、複雑な回路を設けることなく、アクセス頻度の低いデータを他のアクセス頻度の高いデータよりも優先的にリプレース対象とするキャッシュメモリを提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するため本発明のキャッシュメモリは、キャッシュの単位データを保持するキャッシュエントリー毎にアクセス順序を示す順序データを保持し、最も古い順序を示すキャッシュエントリーをリプレースするキャッシュメモリであって、前記順序データを実際のアクセス順序に反して改変する改変手段と、改変後の順序データに基づいてリプレースすべきキャッシュエントリーを選択する選択手段とを備える。

[0009] この構成によれば、例えば、アクセス頻度の低いデータの順序データをアクセス順序が最も古いように改変することにより、アクセス頻度の低いデータを他のアクセス頻度の高いデータよりも優先的にリプレース対象とすることができ、アクセス頻度の高いデータの順序データをアクセス順序が最新又は最も古くないことを示すように改変することにより、アクセス頻度の高いデータがリプレースされることを防止することができ

る。

- [0010] ここで、前記改変手段は、プロセッサから指定されたアドレス範囲に属するデータを保持するキャッシュエントリーを特定する特定手段と、特定されたキャッシュエントリーの順序データを実際のアクセス順序に反して最古化する最古化手段とを備える構成としてもよい。
- [0011] この構成によれば、プロセッサからこれ以上読み出しも書き込みもなされないキャッシュエントリーのアクセス順序を最古にすれば、当該キャッシュエントリーは真つ先にリプレース対象として選択される。これによりアクセス頻度の低いデータがキャッシュメモリに居残ることによるキャッシュミスの誘発を低減することができる。
- [0012] ここで、前記特定手段は、前記アドレス範囲の先頭アドレスがラインデータの途中を指す場合、当該先頭アドレスを、前記アドレス範囲に含まれる先頭のラインを指すスタートラインアドレスに変換する第1変換手段と、前記アドレス範囲の末尾アドレスがラインデータの途中を指す場合、当該末尾アドレスを、前記アドレス範囲に含まれる末尾のラインを指すエンドラインアドレスに変換する第2変換手段と、前記スタートラインアドレスからエンドラインアドレスまでの各ラインアドレスに対応するデータを保持するキャッシュエントリーがあるか否かを判定する判定手段とを備える構成としてもよい。
- [0013] この構成によれば、プロセッサは、前記アドレス範囲として、キャッシュメモリのラインサイズ及びライン境界のアドレスとは無関係に任意のアドレスから任意のアドレス(又は任意のサイズ)を指定することができる。つまり、プロセッサにおいてキャッシュメモリのラインサイズ及びライン境界のアドレスを管理する必要がないので、キャッシュメモリ管理のための負荷を解消することができる。
- [0014] ここで、前記最古化手段は、アクセス順序が最も古いことを示す最古化フラグを順序データに付加する構成としてもよい。
- [0015] この構成によれば、LRU方式におけるアクセス順序を示す順序データを直接改変することなく、間接的にWフラグを付加することによってアクセス順序を改変しているので、複雑なハードウェア回路を追加することなく実現することができる。
- [0016] ここで、前記選択手段は、キャッシュミス時に、最古化フラグが付加されたキャッシュエントリーが存在する場合、そのキャッシュエントリーをリプレース対象として選択し、

最古化フラグが付加されたキャッシュエントリーが存在しない場合、順序データに従ってリプレース対象とすべきキャッシュエントリーを選択する構成としてもよい。

[0017] ここで、前記キャッシュエントリーは、アクセス順序が古いか新しいかを示す1ビットの順序フラグを前記順序データとして有し、前記選択手段は、最古化フラグが付加されたキャッシュエントリーが存在しない場合、順序フラグが古いことを示すキャッシュエントリーをリプレース対象として選択する構成としてもよい。

[0018] この構成によれば、順序データが1ビットの順序フラグでよいので、アクセス順序データのデータ量が少ないこと及び更新が簡単であることからハードウェア規模を小さくすることができる。

[0019] ここで、前記改変手段は、1つのキャッシュエントリーのアクセス順序をN番目にするよう前記順序データを改変し、前記Nは、(a)アクセス順序が最も古い順であることを示す番号、(b)アクセス順序が最も新しいことを示す番号、(c)アクセス順序が最も古い順序からN番目であることを示す番号、(d)アクセス順序が最も新しい順序からN番目であることを示す番号の何れかであるように構成してもよい。

[0020] ここで、前記改変手段は、アクセス順序の改変指示付きメモリアクセス命令が実行されたことを検出する命令検出手段と、当該命令によってアクセスがなされたキャッシュエントリーに対して順序データを書き替える書き換え手段とを備える構成としてもよい。

[0021] ここで、前記改変手段は、プロセッサから指定されたアドレス範囲を保持する保持手段と、保持手段に保持されたアドレス範囲に対応するデータを保持するキャッシュエントリーを探索する探索手段と、探索手段により探索されたキャッシュエントリーのアクセス順序をN番目とするよう順序データを書き換える書き換え手段とを備える構成としてもよい。

[0022] また、本発明のキャッシュメモリの制御方法についても上記と同様の手段、作用を有する。

#### 発明の効果

[0023] 以上のように本発明のキャッシュメモリによれば、アクセス頻度の低いデータを他のアクセス頻度の高いデータよりも優先的にリプレース対象とすることができ、また、アク

セス頻度の高いデータがリブレースされることを防止することができる。

[0024] 例えば、プロセッサからこれ以上読み出しも書き込みもなされないキャッシュエントリーのアクセス順序を最古にすれば、当該キャッシュエントリーは真っ先にリブレース対象として選択される。これによりアクセス頻度の低いデータがキャッシュメモリに居残ることによるキャッシュミスの誘発を低減することができる。

[0025] また、プロセッサにおいてキャッシュメモリのラインサイズ及びライン境界のアドレスを管理する必要がないので、プロセッサにおけるキャッシュメモリ管理のための負荷を解消することができる。

#### 図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の実施の形態1におけるプロセッサ、キャッシュメモリ、メモリを含むシステムの概略構成を示すブロック図である。

[図2]キャッシュメモリの構成例を示すブロック図である。

[図3]キャッシュエントリーの詳細なビット構成を示す。

[図4]制御部の構成を示すブロック図である。

[図5]Wフラグ設定部の構成例を示すブロック図である。

[図6A]スタートアドレスレジスタにスタートアドレスを書き込む命令の一例を示す。

[図6B]サイズレジスタにサイズを書き込む命令の一例を示す。

[図6C]コマンドレジスタにコマンドを書き込む命令の一例を示す。

[図6D]コマンドの一例を示す。

[図7]スタートアライナ及びエンドアライナの説明図を示す。

[図8]フラグ書換部におけるWフラグ設定処理の示すフローチャートである。

[図9]リブレース部におけるリブレース処理を示すフローチャートである。

[図10]本発明の実施の形態2におけるキャッシュメモリの構成を示すブロック図である。

[図11]キャッシュエントリーのビット構成を示す。

[図12]制御部の構成を示すブロック図である。

[図13]リブレース部による使用フラグの更新例を示す。

[図14A]ウィークフラグが存在しない場合にキャッシュエントリーがリブレースされる様

子を示す図である。

[図14B]リブレース処理におけるウィークフラグWの役割を示す説明図である。

[図15]フラグ更新部におけるUフラグ更新処理を示すフローチャートである。

[図16]リブレース部におけるリブレース処理を示すフローチャートである。

[図17]Wフラグ設定部の他の構成例を示す図である。

[図18]Wフラグ設定部のさらに他の構成例を示す図である。

### 符号の説明

- [0027]
- 1 プロセッサ
  - 2 メモリ
  - 3 キャッシュメモリ
  - 20 アドレスレジスタ
  - 20 タグアドレスレジスタ
  - 21 メモリI/F
  - 30 デコーダ
  - 31a〜31d ウェイ
  - 32a〜32d 比較器
  - 33a〜33d アンド回路
  - 34 オア回路
  - 35 セレクタ
  - 36 セレクタ
  - 37 デマルチプレクサ
  - 38 制御部
  - 39 リブレース部
  - 40 Wフラグ設定部
  - 41 フラグ更新部
  - 131a〜131d ウェイ
  - 138 制御部
  - 139 リブレース部

- 401 コマンドレジスタ
- 402 スタートアドレスレジスタ
- 403 サイズレジスタ
- 404 加算器
- 405 スタートアライナ
- 406 エンドアライナ
- 407 フラグ書換部
- 407a フラグ書換部
- 408 比較器
- 410 LD/ST命令検出部
- 411 ウィーク指示検出部
- 412 アンド回路
- 413 書き換え部

#### 発明を実施するための最良の形態

##### [0028] (実施の形態1)

###### <全体構成>

図1は、本発明の実施の形態1におけるプロセッサ1、キャッシュメモリ3、メモリ2を含むシステムの概略構成を示すブロック図である。同図のように、本発明のキャッシュメモリ3は、プロセッサ1およびメモリ2を有するシステムに備えられる。

[0029] キャッシュメモリ3は、いわゆるLRU方式によってアクセス順序の古いキャッシュエントリーをリプレースするリプレース制御を前提としている。本実施の形態のキャッシュメモリ3は、リプレース対象を決定するためのアクセス順序を示す順序データを、アクセス順序に反して改変することにより、アクセス頻度の低いデータを保持するキャッシュエントリーをリプレース対象としてキャッシュメモリから追い出すよう構成されている。具体的には、アクセス順序が最古であるとみなすことを示すウィークフラグWをキャッシュエントリーに付加することによって、順序データを間接的に改変している。これにより順序データを直接改変する複雑な回路を不要としている。

##### [0030] <キャッシュメモリの構成>

以下、キャッシュメモリ3の具体例として、4ウェイ・セット・アソシエティブ方式のキャッシュメモリに本発明を適用した場合の構成について説明する。

- [0031] 図2は、キャッシュメモリ3の構成例を示すブロック図である。同図のように、キャッシュメモリ3は、アドレスレジスタ20、メモリI/F21、デコーダ30、4つのウェイ31a～31d(以下ウェイ0～3と略す)、4つの比較器32a～32d、4つのアンド回路33a～33d、オア回路34、セクタ35、36、デマルチプレクサ37、制御部38を備える。
- [0032] アドレスレジスタ20は、メモリ2へのアクセスアドレスを保持するレジスタである。このアクセスアドレスは32ビットであるものとする。同図に示すように、アクセスアドレスは、最上位ビットから順に、21ビットのタグアドレス、4ビットのセットインデックス(図中のSI)、5ビットのワードインデックス(図中のWI)を含む。ここで、タグアドレスはウェイにマッピングされるメモリ中の領域(そのサイズはセット数×ブロックである)を指す。この領域のサイズは、タグアドレスよりも下位のアドレスビット(A10～A0)で定まるサイズつまり2kバイトであり、1つのウェイのサイズでもある。セットインデックス(SI)はウェイ0～3に跨る複数セットの1つを指す。このセット数は、セットインデックスが4ビットなので16セットある。タグアドレスおよびセットインデックスで特定されるキャッシュエントリーは、リプレース単位であり、キャッシュメモリに格納されている場合はラインデータ又はラインと呼ばれる。ラインデータのサイズは、セットインデックスよりも下位のアドレスビットで定まるサイズつまり128バイトである。1ワードを4バイトとすると、1ラインデータは32ワードである。ワードインデックス(WI)は、ラインデータを構成する複数ワード中の1ワードを指す。アドレスレジスタ20中の最下位2ビット(A1、A0)は、ワードアクセス時には無視される。
- [0033] メモリI/F21は、キャッシュメモリ3からメモリ2へのデータのライトバックや、メモリ2からキャッシュメモリ3へのデータのロード等、キャッシュメモリ3からメモリ2をアクセスするためのI/Fである。
- [0034] デコーダ30は、セットインデックスの4ビットをデコードし、4つのウェイ0～3に跨る16セット中の1つを選択する。
- [0035] 4つのウェイ0～3は、同じ構成を有数する4つのウェイであり、4×2kバイトの容量を有する。各ウェイは、16個のキャッシュエントリーを有する。



- [0036] 図3に1つのキャッシュエントリーにおける詳細なビット構成を示す。同図のように、1つのキャッシュエントリーは、バリッドフラグV0〜V3、21ビットのタグ、128バイトのラインデータ、ウィークフラグW、ダーティフラグD0〜D3を有する。
- [0037] タグは21ビットのタグアドレスのコピーである。  
ラインデータは、タグアドレスおよびセットインデックスにより特定されるブロック中の128バイトデータのコピーであり、32バイトの4つのサブラインからなる。
- [0038] バリッドフラグV0〜V3は、4つのサブラインに対応し、サブラインが有効か否かを示す。
- [0039] ウィークフラグWは、当該キャッシュエントリーのアクセス順序が最も古いものとみなすためのフラグである。つまり、W=1のとき、プロセッサ1からは当該キャッシュエントリーにこれ以上読み出しも書き込みもなされないこと、あるいはアクセス頻度が低いことを意味する。また、W=1のとき、キャッシュメモリ3においては、リプレース制御に関してアクセス順序が最古であるとして扱うこと、つまり、最弱(ウィーク)のキャッシュエントリーであることを意味する。W=0のとき、そうでないことを意味する。
- [0040] ダーティフラグD0〜D3は、4つのサブラインに対応し、そのサブラインにプロセッサから書き込みがあったか否か、つまりサブライン中にキャッシュされたデータが存在するが書き込みによりメモリ中のデータと異なるためメモリに書き戻すことが必要か否かを示す。
- [0041] 比較器32aは、アドレスレジスタ20中のタグアドレスと、セットインデックスにより選択されたセットに含まれる4つのタグ中のウェイ0のタグとが一致するか否かを比較する。比較器32b〜32cについても、ウェイ31b〜31dに対応すること以外は同様である。
- [0042] アンド回路33aは、バリッドフラグと比較器32aの比較結果とが一致するか否かを比較する。この比較結果をh0とする。比較結果h0が1である場合は、アドレスレジスタ20中のタグアドレスおよびセットインデックスに対応するラインデータが存在すること、つまりウェイ0においてヒットしたことを意味する。比較結果h0が0である場合は、ミスヒットしたことを意味する。アンド回路33b〜33dについても、ウェイ31b〜31dに対応すること以外は同様である。その比較結果h1〜h3は、ウェイ1〜3でヒットしたかミスしたかを意味する。

- [0043] オア回路34は、比較結果h0〜h3のオアをとる。このオアの結果をhitとする。hitは、キャッシュメモリにヒットしたか否かを示す。
- [0044] セレクタ35は、選択されたセットにおけるウェイ0〜3のラインデータのうち、ヒットしたウェイのラインデータを選択する。
- [0045] セレクタ36は、セレクタ35により選択された32ワードのラインデータのうち、ワードインデックスに示される1ワードを選択する。
- [0046] デマルチプレクサ37は、キャッシュエントリーにデータを書き込む際に、ウェイ0〜3の1つに書き込みデータを出力する。この書き込みデータはワード単位でよい。
- [0047] 制御部38は、キャッシュメモリ3の全体の制御を行う。特に、Wフラグの設定とWフラグに従うリプレース制御を行う。
- [0048] <制御部の構成>
- 図4は、制御部38の構成を示すブロック図である。同図のように、制御部38は、リプレース部39とWフラグ設定部40とを含む。
- [0049] リプレース部39は、キャッシュミスによるリプレースに際して、W=1が設定されているキャッシュエントリーが存在すれば、当該キャッシュエントリーのアクセス順序が最も古いとみなしてリプレース対象として選択し、リプレースを行う。
- [0050] Wフラグ設定部40は、プロセッサ1からのコマンドに応じてウィークフラグWを設定する。プロセッサ1は、もはや書き込みも読み出しもしないキャッシュエントリーについてウィークフラグWの設定を指示するコマンドをキャッシュメモリ3に対して発行する。
- [0051] <Wフラグ設定部の構成>
- 図5は、Wフラグ設定部40の構成例を示すブロック図である。同図のようにWフラグ設定部40は、コマンドレジスタ401、スタートアドレスレジスタ402、サイズレジスタ403、加算器404、スタートアライナ405、エンドアライナ406、フラグ書換部407を備える。
- [0052] コマンドレジスタ401は、プロセッサ1から直接アクセス可能なレジスタであり、プロセッサ1により書き込まれたWフラグ設定コマンドを保持する。図6(c)に、コマンドレジスタ401にコマンドを書き込む命令の一例を示す。この命令は、通常の転送命令(mov命令)であり、ソースオペランドとしてコマンドを、デスティネーションオペランドとしてコ

マンドレジスタ(CR)を指定している。図6(d)に、コマンドの一例を示す。このコマンドは、Wフラグ設定コマンドを示す特定のコードである。Wフラグ設定コマンドは、スタートアドレスレジスタ402に保持されたスタートアドレスからサイズレジスタ403に保持されたサイズのアドレス範囲に対応するデータを保持するキャッシュエントリーに対して、Wフラグを設定することを指示するコマンドである。

[0053] スタートアドレスレジスタ402は、プロセッサ1から直接アクセス可能なレジスタであり、プロセッサ1により書き込まれたスタートアドレスを保持する。このスタートアドレスはWフラグを設定すべきアドレス範囲の開始位置を示す。図6(a)に、スタートアドレスレジスタ402にスタートアドレスを書き込む命令の一例を示す。この命令も、図6(c)と同様に通常の転送命令(mov命令)である。

[0054] サイズレジスタ403は、プロセッサ1から直接アクセス可能なレジスタであり、プロセッサ1により書き込まれたサイズを保持する。このサイズは、スタートアドレスからのアドレス範囲を示す。図6(b)に、サイズレジスタ403にサイズを書き込む命令の一例を示す。この命令も、図6(c)と同様に通常の転送命令(mov命令)である。なお、サイズの単位は、バイト数であっても、ライン数(キャッシュエントリー数)であってもよく、予め定められた単位であればよい。

[0055] 加算器404は、スタートアドレスレジスタ402に保持されたスタートアドレスとサイズレジスタ403に保持されたサイズとを加算する。加算結果は、アドレス範囲の終了位置を指すエンドアドレスである。加算器404は、サイズがバイト数指定の場合はバイトアドレスとして加算し、サイズがライン数指定の場合はラインアドレスとして加算すればよい。

[0056] スタートアライナ405は、スタートアドレスをライン境界の位置に調整する。この調整によりプロセッサ1はラインサイズ及びライン境界とは無関係に任意のアドレスをスタートアドレスとして指定することができる。

[0057] エンドアライナ406は、エンドアドレスをライン境界の位置に調整する。この調整によりプロセッサ1はラインサイズ及びライン境界とは無関係に任意の大きさを上記サイズとして指定することができる。

[0058] 図7に、スタートアライナ405及びエンドアライナ406の説明図を示す。同図におい

て、プロセッサ1から指定されたスタートアドレスはラインNの途中の任意の位置を指す。スタートアライナ405は、次のライン(N+1)の先頭を指すよう調整し、調整後のアドレスをアラインスタートアドレスとして出力する。アラインスタートアドレスが指すラインをスタートラインと呼ぶ。

[0059] また、エンドアドレスはラインMの途中の任意の位置を指す。エンドアライナ406は、直前のライン(M-1)の先頭を指すよう調整し、調整後のアドレスをアラインエンドアドレスとして出力する。アラインエンドアドレスが指すラインをエンドラインと呼ぶ。

[0060] この場合、スタートライン(ライン(N+1))からエンドライン(ライン(M-1))までの各ライン(キャッシュエントリー)にWフラグが設定されることになる。このように、スタートアライナ405及びエンドアライナ406がプロセッサ1から指定されたスタートアドレスからエンドアドレスまでのアドレス範囲よりも内側にアラインしているのは、ラインNとラインMの外側の部分にはプロセッサ1から書き込み又は読み出しが発生する可能性があるからである。

[0061] フラグ書換部407は、アラインスタートアドレスが指すラインからアラインエンドアドレスが指すラインまで(図7の例ではライン(N+1)からライン(M-1)まで)、キャッシュメモリ3にエントリーされていればWフラグを1に設定する。

[0062] <Wフラグ設定処理>

図8は、フラグ書換部407におけるWフラグ設定処理の一例を示すフローチャートである。

[0063] フラグ書換部407は、コマンドレジスタ401にWフラグ設定コマンドが保持されている場合、スタートラインからエンドラインまでの各ラインアドレスを順に出力しながらループ1の処理(S82〜S86)を行う。フラグ書換部407は、各ラインについて同じ処理を行うので、ここでは1ライン分の処理について説明する。

[0064] すなわち、フラグ書換部407は、キャッシュメモリ3がプロセッサ1からアクセスされていない間に、ラインアドレスをアドレスレジスタ20に出力し(S83)、アドレスレジスタ20のタグアドレスとキャッシュエントリーのタグとを比較器32a〜32dに比較させ、ヒットするかどうかを判定する(S84)。さらにフラグ書換部407は、ヒットした場合には、ヒットしたキャッシュエントリーに対してWフラグを1にセットし(S85)、ミスヒットした場合には、

キャッシュメモリにエントリーされていないのでなにもしない。

[0065] これにより、スタートラインからエンドラインまでの各ラインについて、キャッシュメモリ3にエントリーされている場合には、Wフラグが1に設定される。

[0066] <リプレース処理>

図9は、リプレース部39におけるリプレース処理を示すフローチャートである。同図においてリプレース部39は、メモリアクセスがミスしたとき(ステップS91)、セットインデックスにより選択されたセットにおける、4つウェイのウィークフラグWを読み出し(ステップS92)、4つのウィークフラグの論理和が1であるか否かつまり $W=1$ のウェイが存在すれか否かを判定する(ステップS93)。 $W=1$ のウェイが存在すると判定された場合、当該キャッシュエントリーのアクセス順序が最も古いとみなして $W=1$ のウェイを1つ選択し(ステップS94)、 $W=1$ のウェイが存在しないと判定された場合、通常のLRU方式によりウェイを1つ選択する(ステップS95)。このとき、ウィークフラグWが1になっているウェイが複数存在する場合は、リプレース部39はランダムに1つを選択する。

[0067] さらに、リプレース部39は、当該セットにおける選択されたウェイのキャッシュエントリーを対象にリプレースし(ステップS96)、リプレース後に当該キャッシュエントリーのウィークフラグWを0初期化する(ステップS97)。なお、このときバリッドフラグV、データフラグDは、それぞれ1、0に初期化される。

[0068] このように、 $W=1$ のウェイが存在しない場合、リプレース対象は、通常のLRU方式により選択される。また、 $W=1$ のウェイが存在する場合、リプレース対象は、 $W=1$ のウェイのアクセス順序が最も古いものと取り扱われる結果、 $W=1$ のウェイのキャッシュエントリーが選択される。これにより、アクセス頻度の低い $W=1$ のデータがキャッシュメモリに存在するために生じるキャッシュミス低減することができる。

[0069] 以上説明してきたように、本実施の形態におけるキャッシュメモリによれば、ウィークフラグ $W=1$ のラインは、プロセッサからこれ以上読み出しも書き込みもなされないラインであり、そのアクセス順序が最古として取り扱われる結果、真っ先にリプレース対象として選択される。これによりアクセス頻度の低いデータによるキャッシュミスの誘発を低減することができる。

[0070] また、従来のLRU方式におけるアクセス順序を示す順序データを直接改変するこ

となく、間接的にWフラグを付加することによってアクセス順序を改変しているので、複雑なハードウェア回路を追加することなく、実現することができる。

[0071] <変形例>

なお、本発明のキャッシュメモリは、上記の実施の形態の構成に限るものではなく、種々の変形が可能である。以下、変形例のいくつかについて説明する。

(1) 使用フラグUを用いる擬似LRUの代わりに、4つのウェイのアクセス順序を示す順序データをキャッシュエントリー毎に保持及び更新して、従来通りのLRU方式でリプレース対象を選択する構成としてもよい。この場合も、W=1のキャッシュエントリーを、

アクセス順序に関わらず、真っ先にリプレース対象として選択するようにすればよい。さらに、上記実施の形態では、Wフラグの付加により間接的に順序データを改変しているが、順序データを直接改変する構成としてもよい。

(2) 上記実施の形態では、ウィークフラグWによりアクセス順序が最古であることを示しているが、アクセス順序が最新又は最古でないことを示すものとしてもよい。この場合、リプレース部39は、W=1のキャッシュエントリーは最古でないとしみなして、リプレース対象として選択せず、他のキャッシュエントリーを選択する構成とすればよい。最古でないことを示すウィークフラグWを、アクセス頻度の高いデータあるいはアクセス頻度が中くらいのデータを保持するキャッシュエントリーに付加することにより、無駄リプレースを防止することができる。

(3) プロセッサ1が、ウィークフラグW=1の設定とデータの書き込みとを命令する特別なストア命令を実行し、制御部38は、さらに、特別なストア命令を検出する命令検出部と、当該ストア命令による書き込みの際にW=1に設定するフラグ設定部とを備える構成としてもよい。

(4) 上記実施の形態では、4ウェイ・セット・アソシエイティブのキャッシュメモリを例に説明したが、ウェイ数は、いくつでもよい。また、上記実施の形態では、セット数が16である例を説明したが、セット数はいくつでもよい。

(5) 上記実施の形態では、セット・アソシエイティブのキャッシュメモリを例に説明したが、フル・アソシエイティブ方式のキャッシュメモリであってもよい。

(6) 上記実施の形態では、サブラインのサイズをラインのサイズの $1/4$ としているが、 $1/2$ 、 $1/8$ 、 $1/16$ 等他のサイズでもよい。その場合、各キャッシュエントリーは、サブラインと同数のバリッドフラグおよびダーティフラグをそれぞれ保持すればよい。

[0072] (実施の形態2)

実施の形態1では、通常のLRU方式を前提としてウィークフラグWによってアクセス順序を最古化する構成について説明した。本実施の形態では、通常のLRU方式とは異なりアクセス順序を示す順序データを1ビットのフラグで表した擬似的なLRU方式と、ウィークフラグによる最古化とを行うキャッシュメモリについて説明する。

[0073] <キャッシュメモリの構成>

図10は、本発明の実施の形態2におけるキャッシュメモリの構成を示すブロック図である。同図のキャッシュメモリは、図2の構成と比較して、ウェイ31a〜31dの代わりにウェイ131a〜131dを備える点と、制御部38の代わりに制御部138を備える点とが異なっている。以下、同じ点は説明を省略して、異なる点を中心に説明する。

[0074] ウェイ131aは、ウェイ31aと比べて、各キャッシュエントリー中に、使用フラグUが追加されている点が異なる。ウェイ131b〜131dも同様である。使用フラグUは、4つのウェイ間でのアクセス順序を示す順序データの代わりに設けられ、アクセス順序を1ビットで表現するフラグである。

[0075] 図11に、キャッシュエントリーのビット構成を示す。同図のビット構成は、図3と比較して、使用フラグUが追加されている点が異なる。

[0076] 使用フラグUは、そのキャッシュエントリーにアクセスがあったか否かを示し、LRU方式におけるミスヒットによるリプレースに際して4つのウェイのキャッシュエントリーにおけるアクセス順序データの代わりに用いられる。より正確には、使用フラグUの1は、アクセスがあったことを、0はないことを意味する。ただし、1つのセット内の4つウェイの使用フラグが全て1になれば、0にリセットされる。別言すれば、使用フラグUは、アクセスされた時期が古いか新しいか2つの相対的な状態を示す。つまり、使用フラグUが1のキャッシュエントリーは、使用フラグが0のキャッシュエントリーよりも新しくアクセスされたことを意味する。

[0077] 制御部138は、制御部38と比べて、LRU方式におけるアクセス順序情報の代わり

に使用フラグUを用いてリプレース制御する点が異なる。

[0078] <制御部の構成>

図12は、制御部138の構成を示すブロック図である。同図の制御部138は、制御部38と比較して、リプレース部39の代わりにリプレース部139を備える点と、フラグ更新部41が追加された点とが異なる。

[0079] リプレース部139は、使用フラグUをアクセス順序とする擬似的なLRU方式によりキャッシュミス時にリプレース処理を行う。その際、リプレース部139は、ウィークフラグWが1のキャッシュエントリーがあれば、最古のキャッシュエントリーとして扱い、真つ先にリプレース対象として選択する。

[0080] フラグ更新部41は、キャッシュメモリがアクセスされたとき使用フラグUの更新処理を行う。

[0081] <使用フラグUの説明>

図13は、リプレース部139による使用フラグの更新例を示す。同図の上段、中断、下段は、ウェイ0〜3に跨るセットNを構成する4つのウェイのキャッシュエントリーを示している。4つのキャッシュエントリー右端の1又は0は、それぞれ使用フラグの値である。この4つの使用フラグUをU0〜U3と記す。

[0082] 同図上段では $(U0 \sim U3) = (1, 0, 1, 0)$ であるので、ウェイ0、2のキャッシュエントリーはアクセスがあったことを、ウェイ1、3のキャッシュエントリーはアクセスがないことを意味する。

[0083] この状態で、メモリアクセスがセットN内のウェイ1のキャッシュエントリーにヒットした場合、同図中段に示すように、 $(U0 \sim U3) = (1, 1, 1, 0)$ に更新される。つまり、実線に示すようにウェイ1の使用フラグU1が0から1に更新される。

[0084] さらに、同図中段の状態で、メモリアクセスがセットN内のウェイ3のキャッシュエントリーにヒットした場合、同図下断に示すように、 $(U0 \sim U3) = (0, 0, 0, 1)$ に更新される。つまり、実線に示すようにウェイ3の使用フラグU1が0から1に更新される。加えて、破線に示すようにウェイ3以外の使用フラグU0〜U2が1から0に更新される。これにより、ウェイ3のキャッシュエントリーが、ウェイ0〜2の各キャッシュエントリーよりも新しくアクセスされたことを意味することになる。



- [0085] リプレース部139は、キャッシュミス時に $W=1$ のキャッシュエントリーが存在しなければ、使用フラグに基づいてリプレース対象のキャッシュエントリーを決定してリプレースを行う。例えば、リプレース部139は、図5上段では、ウェイ1とウェイ3の何れかをリプレース対象と決定し、図5中段ではウェイ3をリプレース対象と決定し、図5下段ではウェイ0〜2の何れかをリプレース対象と決定する。
- [0086] <ウィークフラグWの説明>
- 図14(a)ウィークフラグが存在しないと仮定した場合の比較例であり、キャッシュエントリーがリプレースされる様子を示す図である。同図においても、図13と同様にウェイ0〜3に跨るセットNを構成する4つのキャッシュエントリーを示している。、4つのキャッシュエントリー右端の1又は0は、それぞれ使用フラグの値である。また、データEのみアクセス頻度の低いデータを、データA、B、C、Dはアクセス頻度の高いデータとする。
- [0087] 同図(a)の第1段目の状態で、プロセッサ1がデータEにアクセスすると、キャッシュミスが発生する。このキャッシュミスにより、例えば、 $U=0$ のキャッシュエントリーの中からアクセス頻度の高いデータCのキャッシュエントリーがアクセス頻度の低いデータEにリプレースされ、第2段目の状態となる。
- [0088] 第2段目の状態で、プロセッサ1がデータCにアクセスすると、キャッシュミスが発生する。このキャッシュミスにより、 $U=0$ のキャッシュエントリーであるアクセス頻度の高いデータDのキャッシュエントリーがアクセス頻度の高いデータCにリプレースされ、第3段目の状態となる。
- [0089] 第3段目の状態で、プロセッサ1がデータDにアクセスすると、キャッシュミスが発生する。このキャッシュミスにより、例えば、アクセス頻度の高いデータCのキャッシュエントリーがアクセス頻度の高いデータDにリプレースされ、第3段目の状態となる。
- [0090] 同様に、第4段目でも、使用頻度の低いデータEはリプレース対象として選択されないで、キャッシュメモリーに残っている。
- [0091] 第5段目の状態で、使用頻度の低いデータEは最も古い( $U=0$ )であることから、リプレース対象として選択されて、追い出される。
- [0092] このように、擬似LRU方式において(通常のLRU方式においても)、アクセス頻度

の低いデータEによって、4ウェイの場合は最悪4回のキャッシュミスが誘発される場合がある。

[0093] 図14(b)は、リプレース処理におけるウィークフラグWの役割を示す説明図である。

[0094] 同図(b)の第1段目の状態(同図(a)の第1段目と同じ)で、プロセッサ1がデータEにアクセスすると、キャッシュミスが発生する。このキャッシュミスにより、例えば、 $U=0$ のキャッシュエントリの中からアクセス頻度の高いデータCのキャッシュエントリがアクセス頻度の低いデータEにリプレースされる。このとき、プロセッサ1は、データEのキャッシュエントリにウィークフラグWを1に設定するものとする。これにより、次のキャッシュミス時にデータEのキャッシュエントリが真っ先に追い出され、第2段目の状態となる。

[0095] 第2段目の状態で、プロセッサ1がデータCにアクセスすると、キャッシュミスが発生する。このキャッシュミスにより、 $W=1$ のキャッシュエントリであるアクセス頻度の低いデータEのキャッシュエントリがリプレース対象として選択され、アクセス頻度の高いデータCにリプレースされ、第3段目の状態となる。

[0096] このように、ウィークフラグWを設けることにより、アクセス頻度の低いデータによるキャッシュミスの誘発を低減することができる。

[0097] <Uフラグ更新処理>

図15は、フラグ更新部41におけるUフラグ更新処理を示すフローチャートである。同図では、バリッドフラグが0(無効)であるキャッシュエントリの使用フラグUは0に初期化されているものとする。

[0098] 同図において、フラグ更新部41は、キャッシュヒットしたとき(ステップS61)、セットインデックスにより選択されたセットにおけるヒットしたウェイの使用フラグUを1にセットし(ステップS62)、そのセット内の他のウェイの使用フラグUを読み出し(ステップS63)、読み出した使用フラグUが全て1であるか否かを判定し(ステップS64)、全て1でなければ終了し、全て1であれば他のウェイの全ての使用フラグUを0にリセットする(ステップS65)。

[0099] このようにしてフラグ更新部41は、図13、図14(a)(b)に示した更新例のように、使用フラグUを更新する。

[0100] <リプレース処理>

図16は、リプレース部139におけるリプレース処理を示すフローチャートである。同図においてリプレース部139は、メモリアクセスがミスしたとき(ステップS91)、セットインデックスにより選択されたセットにおける、4つウェイの使用フラグU及びウィークフラグWを読み出し(ステップS92)、W=1のウェイが存在するか否かを判定する(ステップS93)。W=1のウェイが存在しないと判定された場合、U=0のウェイを1つ選択する(ステップS94)。このとき、使用フラグUが0になっているウェイが複数存在する場合は、リプレース部139はランダムに1つを選択する。また、W=1のウェイが存在すると判定された場合、Uフラグの値に関わらずW=1のウェイを1つ選択する(ステップS95)。このとき、ウィークフラグWが1になっているウェイが複数存在する場合は、リプレース部139はランダムに1つを選択する。

[0101] さらに、リプレース部139は、当該セットにおける選択されたウェイのキャッシュエントリーを対象にリプレースし(ステップS96)、リプレース後に当該キャッシュエントリーの使用フラグUを1に、ウィークフラグWを0初期化する(ステップS97)。なお、このときバリッドフラグV、ダーティフラグDは、それぞれ1、0に初期化される。

[0102] このように、W=1のウェイが存在しない場合、リプレース対象は、使用フラグUが0のキャッシュエントリーの中から1つ選択される。

[0103] また、W=1のウェイが存在する場合、リプレース対象は、使用フラグUが0であると1であることを問わず、W=1のウェイのキャッシュエントリーから1つ選択される。これにより図14(a)(b)に示したように、アクセス頻度の低いデータがキャッシュメモリに残ることによるキャッシュミスの誘発を低減することができる。

[0104] 以上説明してきたように、本実施の形態におけるキャッシュメモリによれば、従来のLRU方式におけるアクセス順序を示すデータの代わりに1ビットの使用フラグを用いる擬似LRU方式を採用することにより、アクセス順序データとして1ビットのフラグでよいので、アクセス順序データのデータ量が少ないこと及び更新が簡単であることからハードウェア規模を小さくすることができる。

[0105] また、これ以上使用されないキャッシュエントリーにW=1が設定され、W=1のキャッシュエントリーが真っ先にリプレース対象として選択されるので、アクセス頻度の低

いデータがキャッシュメモリに残ることによるキャッシュミスの誘発を低減することができる。

[0106] <変形例>

(1) 上記各実施形態において、プロセッサ1が、ウィークフラグWを1に設定しながらデータをアクセスするロード/ストア命令(以下W-L/S命令と略す)を実行し、制御部38又は制御部138は、W-L/S命令の実行を検出したときに、当該W-L/S命令によるアクセスの直後にWフラグを1に設定する構成としてもよい。図17に、その場合に制御部38又は138に備えられるWフラグ設定部40aの構成例を示す。

同図においてWフラグ設定部40aは、LD/ST命令検出部410、ウィーク指示検出部411、アンド回路412、フラグ書き換え部413とを備える。

LD/ST命令検出部410は、プロセッサ1がロード/ストア命令を実行されたことを検出する。ウィーク指示検出部411は、ロード/ストア命令の実行時にプロセッサ1からウィーク指示が出力されているかどうかを検出する。ウィーク指示は、例えば、プロセッサ1がからの信号線により検出することができる。アンド回路412は、ロード/ストア命令の実行が検出され、かつ、ウィーク指示が検出されたとき、フラグ書き換え部413に、W-L/S命令の検出を通知する。フラグ書き換え部413は、W-L/S命令が検出されたとき、当該W-L/S命令によりアクセスされたデータを保持するキャッシュエントリに対してウィークフラグWを1に設定する。

(2) また、上記(1)においてWフラグ設定部40aは、実施の形態1における制御部38に設けられる場合には、ウィークフラグWの代わりに、アクセス順序を示す順序データを直接に改変する構成としてもよい。その場合、ウィーク指示検出部411は、設定すべきアクセス順序の指定付きロード/ストア命令を実行するプロセッサ1から、設定すべきアクセス順序を示す番号(N番目)を検出する。N番目は、4ウェイセットアソシエイティブの場合1番から4番(又は0から3)の何れかでよい。例えば、プロセッサ1は、アクセス頻度の低いデータに対しては最古のN=4とし、アクセス頻度の低いデータに対してはN=1又は2番などを指定することができる。フラグ書き換え部413は、アクセス順序の指定付きロード/ストア命令によりアクセスされたデータを保持するキャッシュエントリの順序データをN番に改変する。このように、順序データを直接に任意

のN番に改変する構成としてもよい。

(3) 図5に示したWフラグ設定部40の代わりに図18に示すWフラグ設定部40bを備える構成としてもよい。Wフラグ設定部40bは、Wフラグ設定部40に対して比較器408を追加し、フラグ書換部407の代わりにフラグ書換部407aを備える構成となっている。比較器408は、加算器404から出力されるエンドラインのラインアドレスと、ウィークフラグ設定のためにフラグ書換部407aから出力され、タグアドレスレジスタ20に保持されたラインアドレスとが一致するか否かを判定する。この比較器408は、図8に示したWフラグ設定処理中のループ1におけるエンドアドレスの判定に用いられる。すなわち、フラグ書換部407aは、比較器408が一致すると判定した場合、ウィークフラグの設定を終了する。

(4) 図6(a)(b)(c)に示した各命令は、コンパイラによりプログラム中に挿入してもよい。その際、コンパイラは、例えば配列データの書き込みや、圧縮動画データをデコードする際のブロックデータの書き込み等、これ以上書き込みをしないプログラム位置に、上記各命令を挿入するようにすればよい。

#### 産業上の利用可能性

- [0107] 本発明は、メモリアクセスを高速化するためのキャッシュメモリに適しており、例えば、オンチップキャッシュメモリ、オフチップキャッシュメモリ、データキャッシュメモリ、命令キャッシュメモリ等に適している。

## 請求の範囲

- [1] キャッシュの単位データを保持するキャッシュエントリ毎にアクセス順序を示す順序データを保持し、最も古い順序を示すキャッシュエントリをリプレースするキャッシュメモリであって、
- 前記順序データを実際のアクセス順序に反して改変する改変手段と、
- 改変後の順序データに基づいてリプレースすべきキャッシュエントリを選択する選択手段と、
- を備えることを特徴とするキャッシュメモリ。
- [2] 前記改変手段は、
- プロセッサから指定されたアドレス範囲に属するデータを保持するキャッシュエントリを特定する特定手段と、
- 特定されたキャッシュエントリの順序データを実際のアクセス順序に反して最古化する最古化手段と
- を備えることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のキャッシュメモリ。
- [3] 前記特定手段は、
- 前記アドレス範囲の先頭アドレスがラインデータの途中を指す場合、当該先頭アドレスを、前記アドレス範囲に含まれる先頭のラインを指すスタートラインアドレスに変換する第1変換手段と、
- 前記アドレス範囲の末尾アドレスがラインデータの途中を指す場合、当該末尾アドレスを、前記アドレス範囲に含まれる末尾のラインを指すエンドラインアドレスに変換する第2変換手段と、
- 前記スタートラインアドレスからエンドラインアドレスまでの各ラインアドレスに対応するデータを保持するキャッシュエントリがあるか否かを判定する判定手段と
- を備えることを特徴とする請求の範囲第2項に記載のキャッシュメモリ。
- [4] 前記最古化手段は、アクセス順序が最も古いことを示す最古化フラグを順序データに付加する
- ことを特徴とする請求の範囲第3項に記載のキャッシュメモリ。
- [5] 前記選択手段は、キャッシュミス時に、最古化フラグが付加されたキャッシュエントリ

ーが存在する場合、そのキャッシュエントリーをリプレイス対象として選択し、最古化フラグが付加されたキャッシュエントリーが存在しない場合、順序データに従ってリプレイス対象とすべきキャッシュエントリーを選択する

ことを特徴とする請求の範囲第4項に記載のキャッシュメモリ。

- [6] 前記キャッシュエントリーは、アクセス順序が古いか新しいかを示す1ビットの順序フラグを前記順序データとして有し、

前記選択手段は、最古化フラグが付加されたキャッシュエントリーが存在しない場合、順序フラグが古いことを示すキャッシュエントリーをリプレイス対象として選択することを特徴とする請求の範囲第5項に記載のキャッシュメモリ。

- [7] 前記改変手段は、1つのキャッシュエントリーのアクセス順序をN番目にするよう前記順序データを改変し、

前記Nは、(a)アクセス順序が最も古い順であることを示す番号、(b)アクセス順序が最も新しいことを示す番号、(c)アクセス順序が最も古い順序からN番目であることを示す番号、(d)アクセス順序が最も新しい順序からN番目であることを示す番号の何れかである

ことを特徴とする請求の範囲第1項に記載のキャッシュメモリ。

- [8] 前記改変手段は、

アクセス順序の改変指示付きメモリアクセス命令が実行されたことを検出する命令検出手段と、

当該命令によってアクセスがなされたキャッシュエントリーに対して順序データを書き替える書き換え手段と

を備えることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のキャッシュメモリ。

- [9] 前記改変手段は、

プロセッサから指定されたアドレス範囲を保持する保持手段と、

保持手段に保持されたアドレス範囲に対応するデータを保持するキャッシュエントリーを探索する探索手段と、

探索手段により探索されたキャッシュエントリーのアクセス順序をN番目とするよう順序データを書き換える書き換え手段と

を備えることを特徴とする請求の範囲第1項に記載のキャッシュメモリ。

- [10]     キャッシュの単位データを保持するキャッシュエントリー毎にアクセス順序を示す順序データを保持し、最も古い順序を示すキャッシュエントリーをリプレースするキャッシュメモリの制御方法であって、
- 前記順序データを実際のアクセス順序に反して改変する改変ステップと、
- 改変後の順序データに基づいてリプレースすべきキャッシュエントリーを選択する選択ステップと
- を有することを特徴とする制御方法。



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/016272

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G06F12/12, G06F12/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G06F12/08-12/12

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                 | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X<br>A    | JP 6-348595 A (Hitachi, Ltd.),<br>22 December, 1994 (22.12.94),<br>& US 5546559 A                  | 1, 2, 7-10<br>3-6     |
| X<br>A    | JP 61-290555 A (Toshiba Corp.),<br>20 December, 1986 (20.12.86),<br>& EP 0203601 A2 & US 4920478 A | 1, 2, 7-10<br>3       |
| X<br>A    | JP 51-19453 A (Fujitsu Ltd.),<br>16 February, 1976 (16.02.76),<br>(Family: none)                   | 1, 2, 7, 9, 10<br>3-5 |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 December, 2004 (12.12.04)

Date of mailing of the international search report

11 January, 2005 (11.01.05)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> G06F12/12  
G06F12/08

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. <sup>7</sup> G06F12/08-12/12

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
日本国実用新案登録公報 1996-2004年  
日本国登録実用新案公報 1994-2004年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示  | 関連する<br>請求の範囲の番号      |
|-----------------|--|-----------------------|
| X<br>A          | J P 6-348595 A<br>(株式会社日立製作所) 1994. 12. 22<br>&US 5546559 A              | 1, 2, 7-10<br>3-6     |
| X<br>A          | J P 61-290555 A<br>(株式会社東芝) 1986. 12. 20<br>&EP 0203601 A2 &US 4920478 A | 1, 2, 7-10<br>3       |
| X<br>A          | J P 51-19453 A<br>(富士通株式会社) 1976. 02. 16 (ファミリーなし)                       | 1, 2, 7, 9, 10<br>3-5 |

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21. 12. 2004

国際調査報告の発送日

11. 1. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

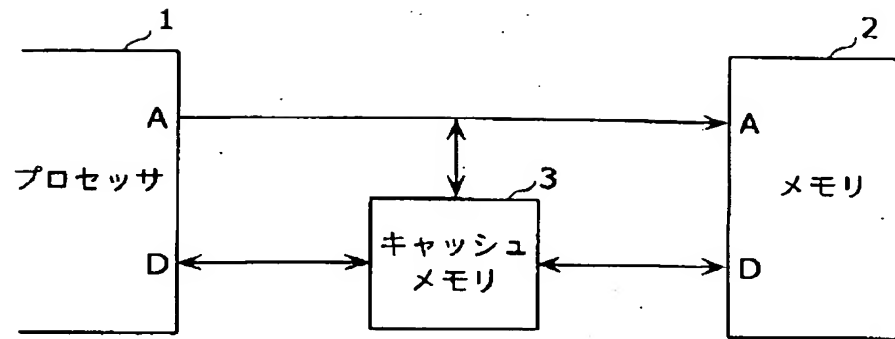
清木 泰

5 N

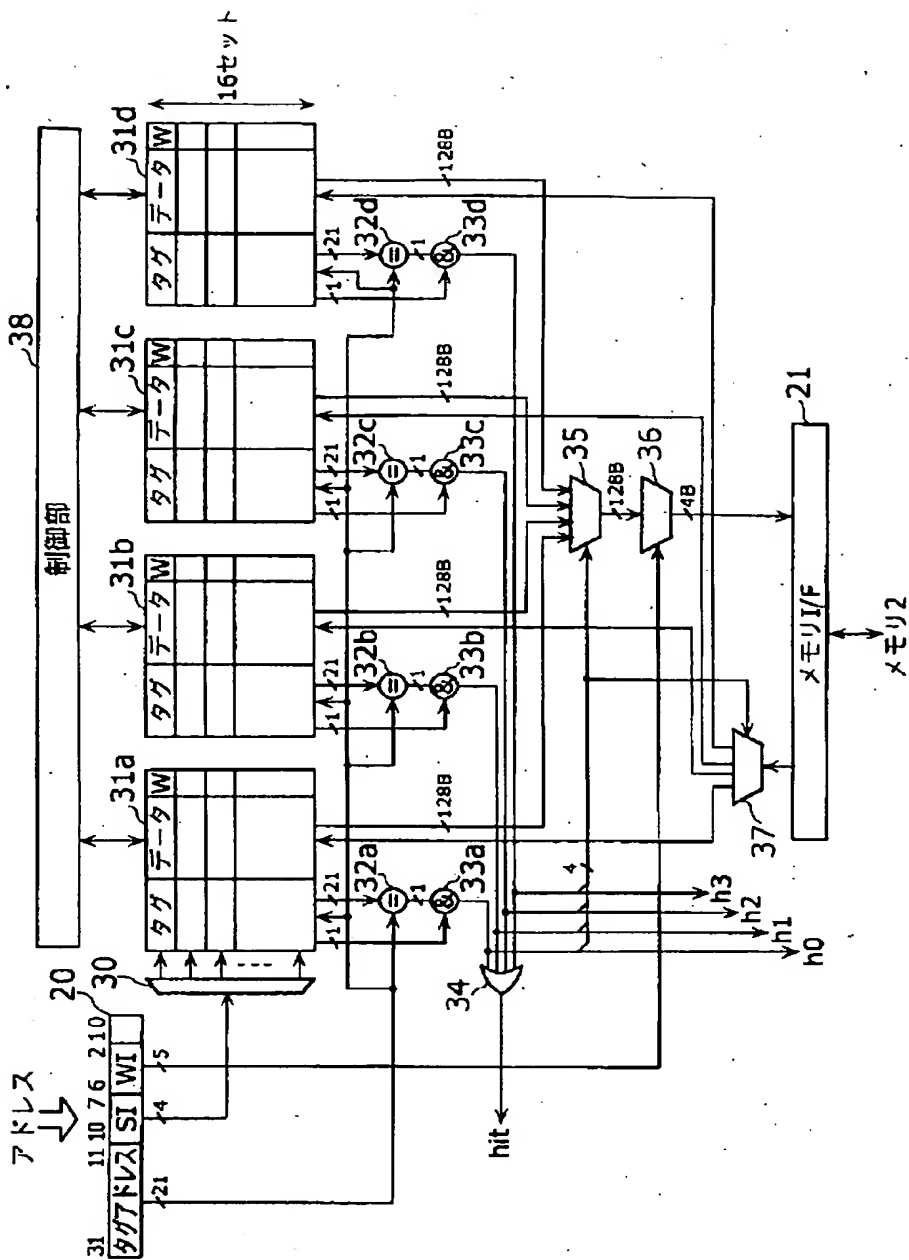
9643

電話番号 03-3581-1101 内線 3585

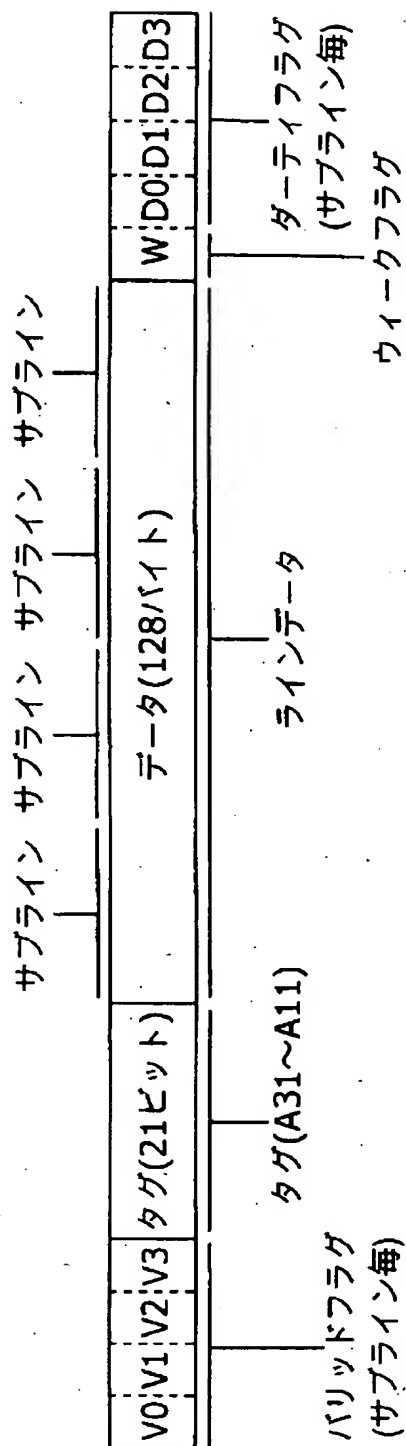
[図1]



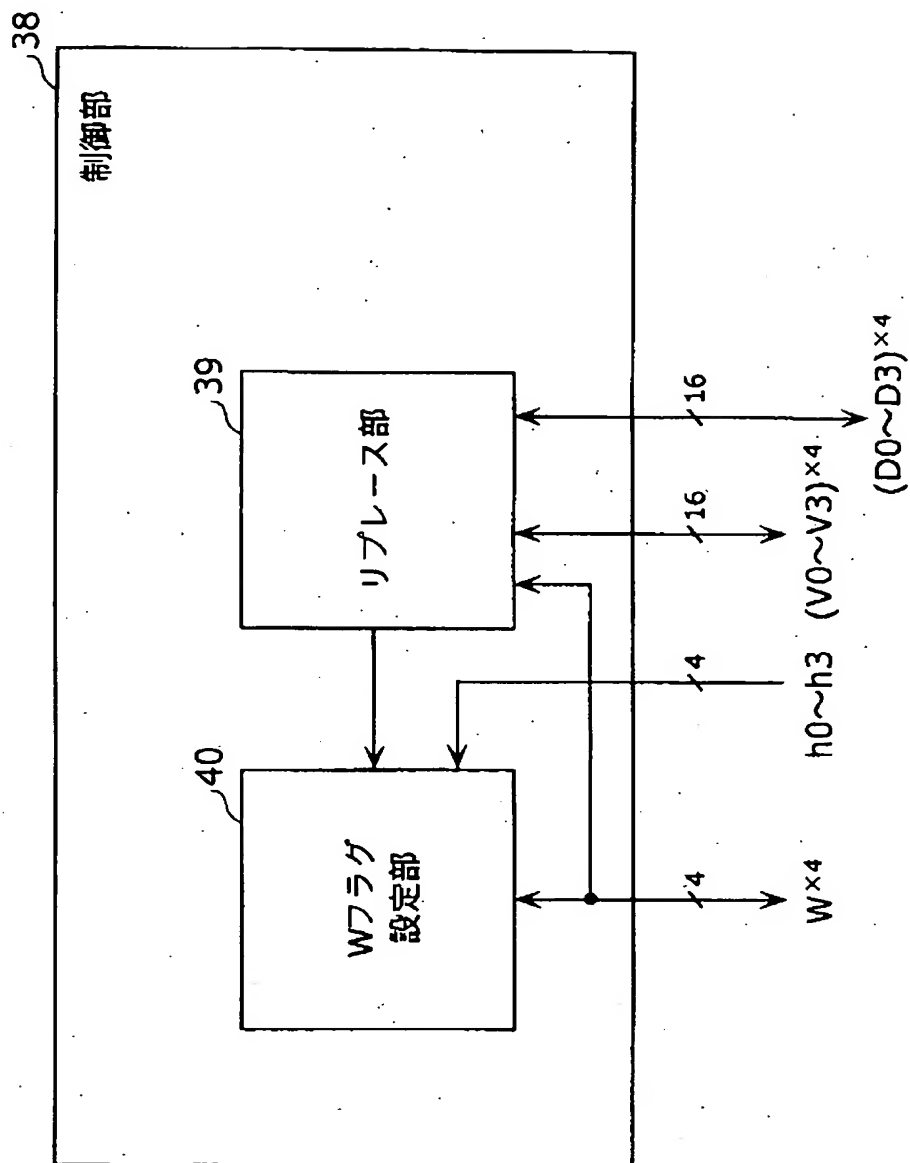
[図2]



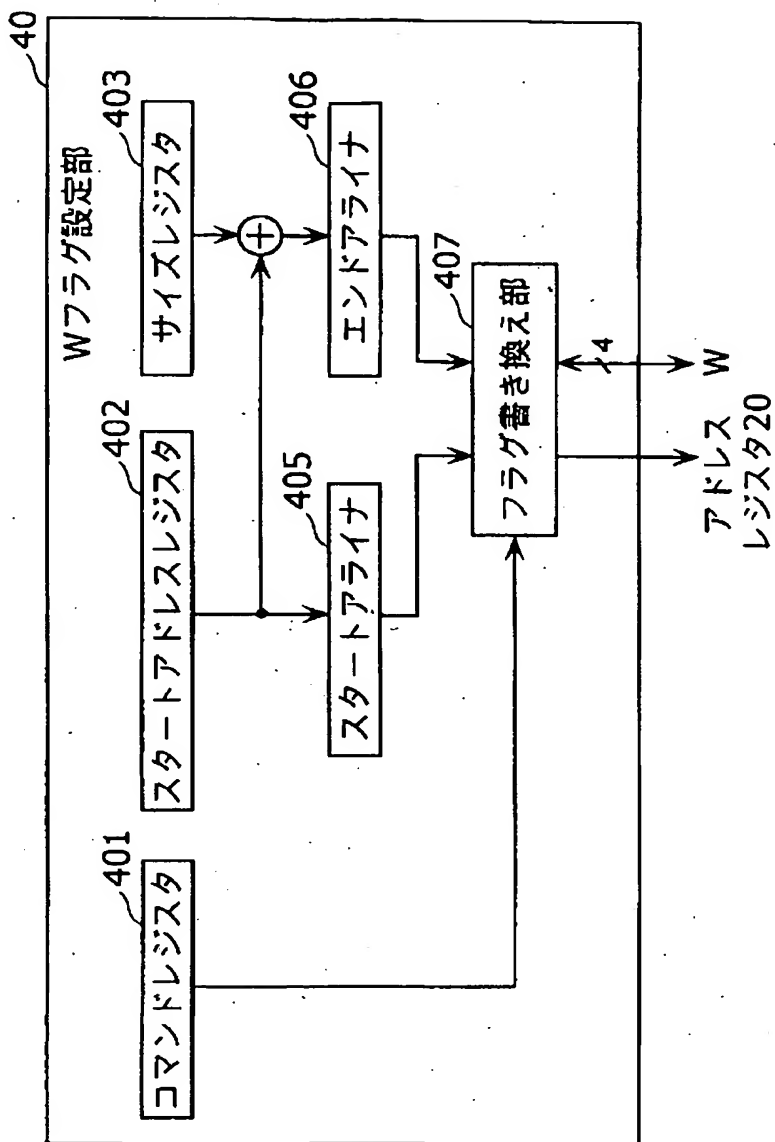
[図3]



[図4]



[図5]



mov SAR, start\_adrs

└ (ソース)スタートアドレスを指定

└ (デスティネーション)スタートアドレスレジスタを指定

└ 転送命令

mov    SR ,    size

                └─(ソース)サイズを指定  
            └─(デスティネーション)サイズレジスタを指定  
└─転送命令

mov    CR,    command

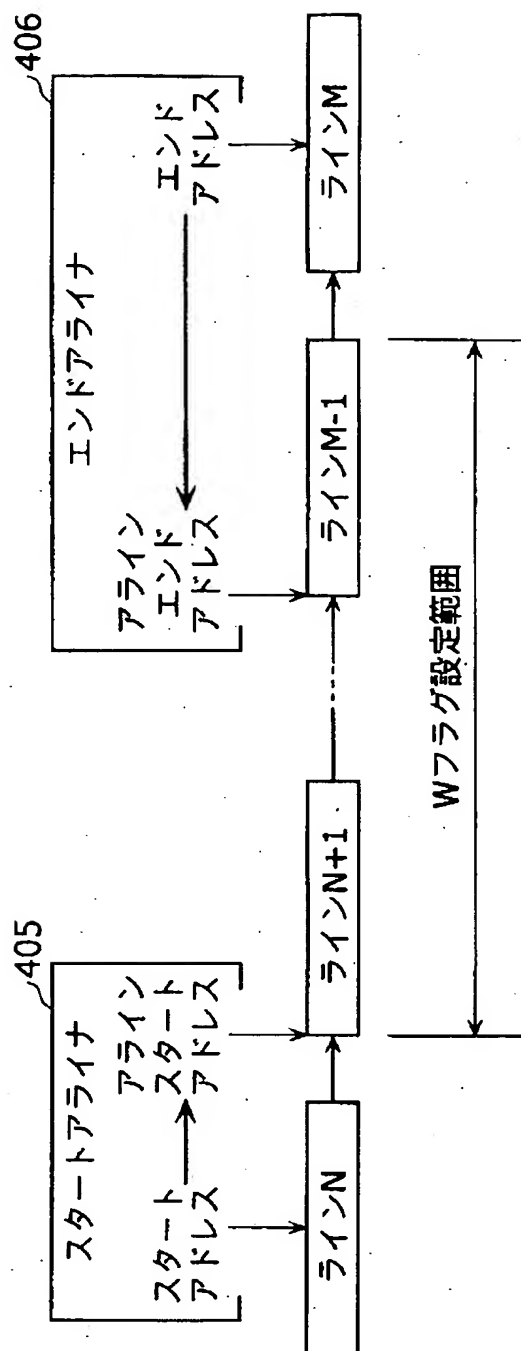
               ↑  
               (ソース)コマンドを指定

               ↑  
               (デスティネーション)コマンドレジスタを指定

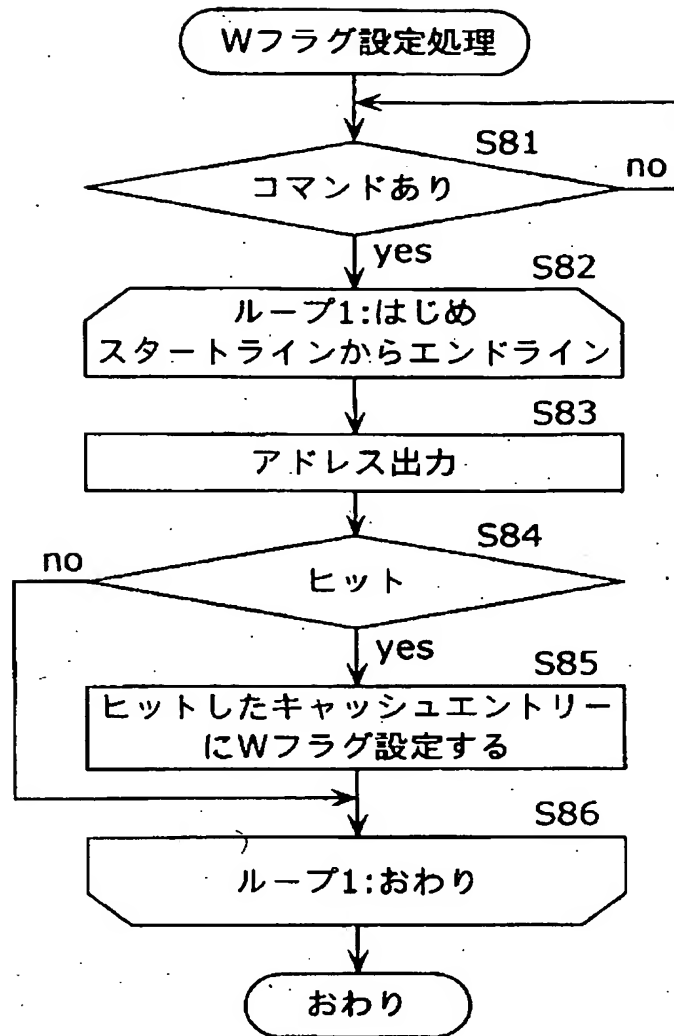
↑  
転送命令



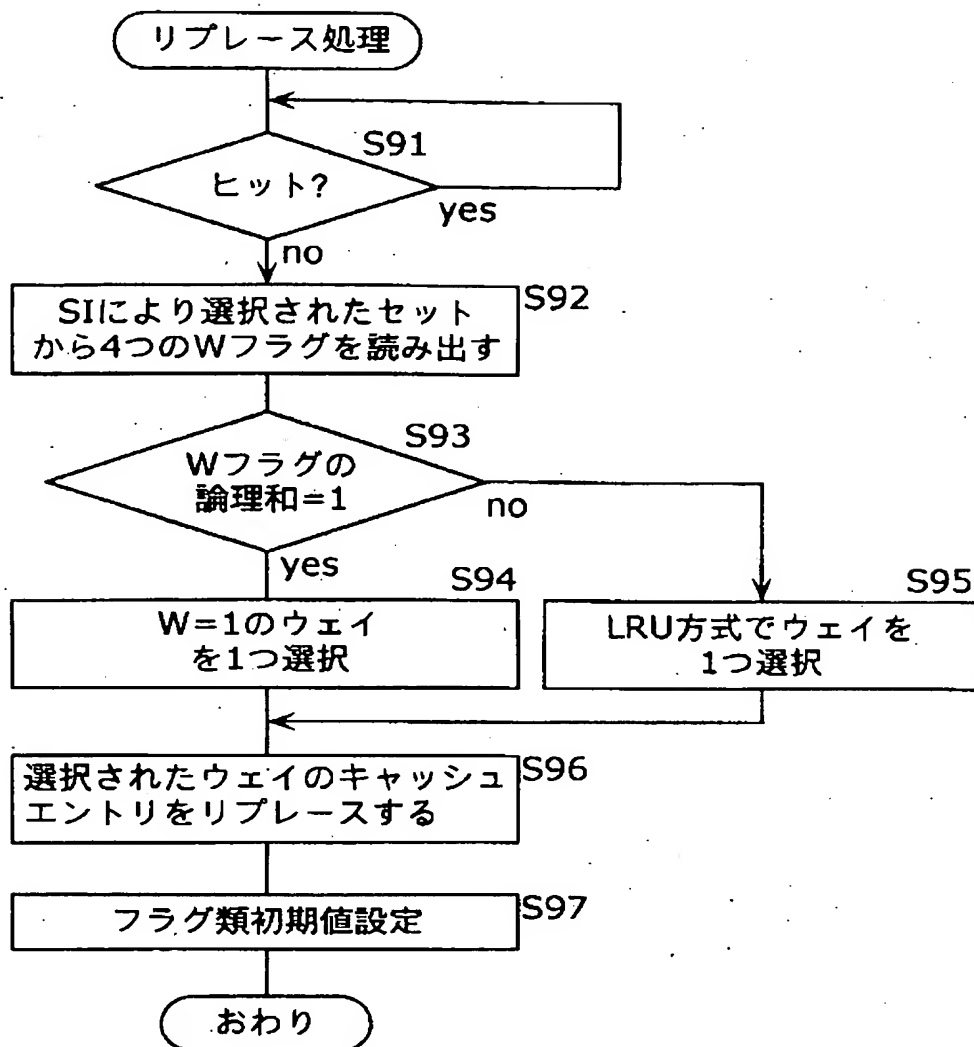
[図7]



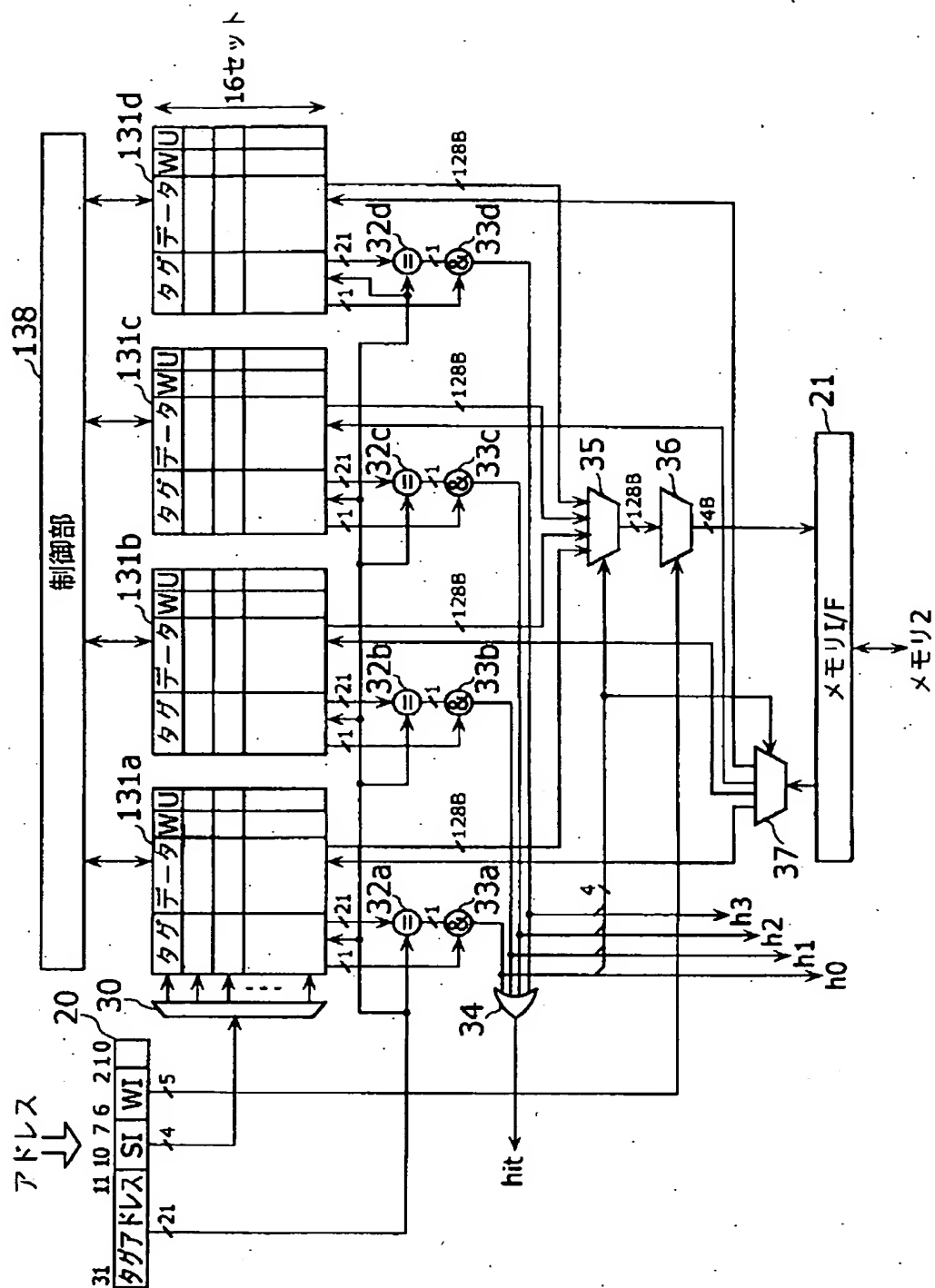
[図8]



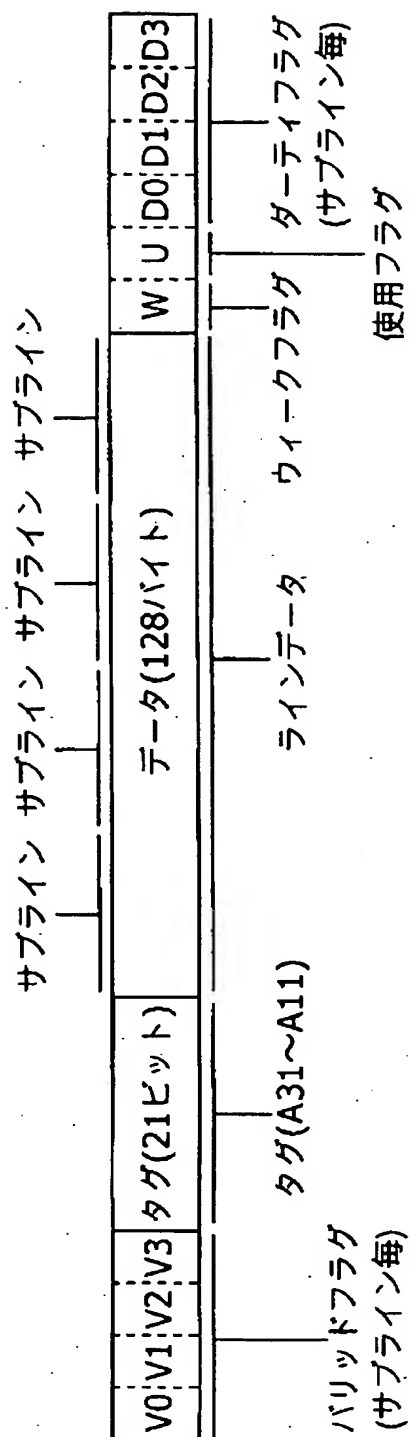
[図9]



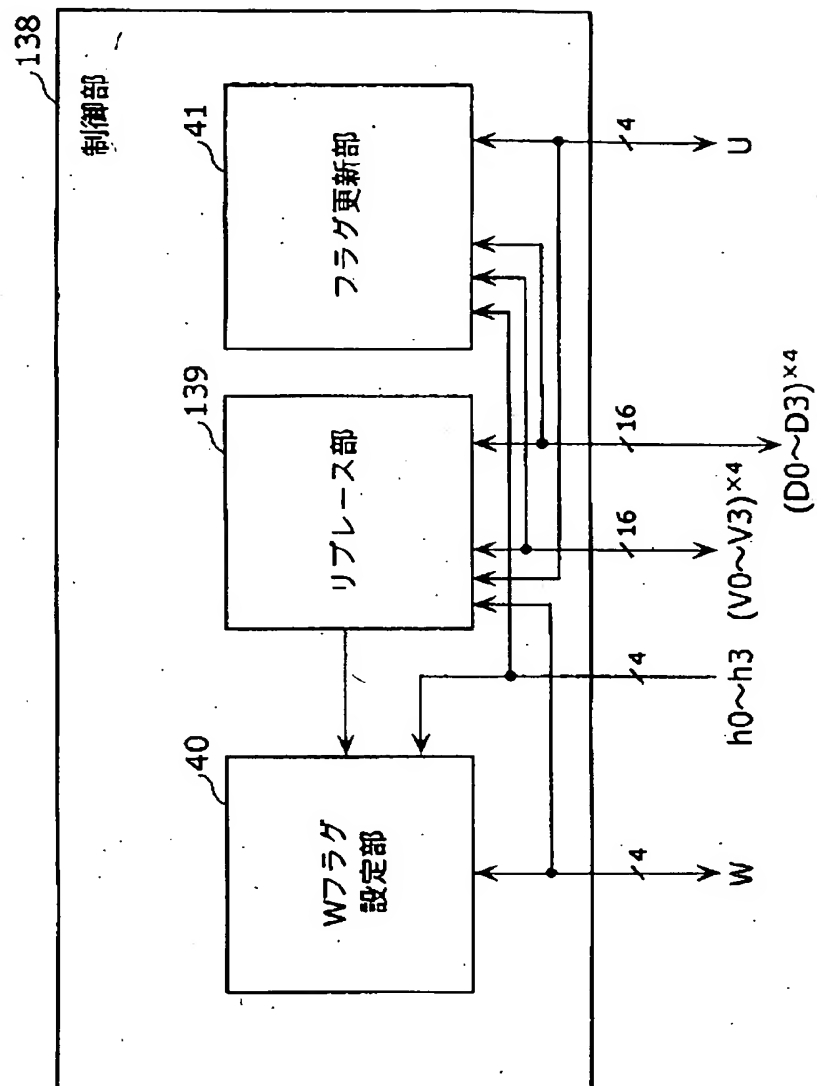
[図10]



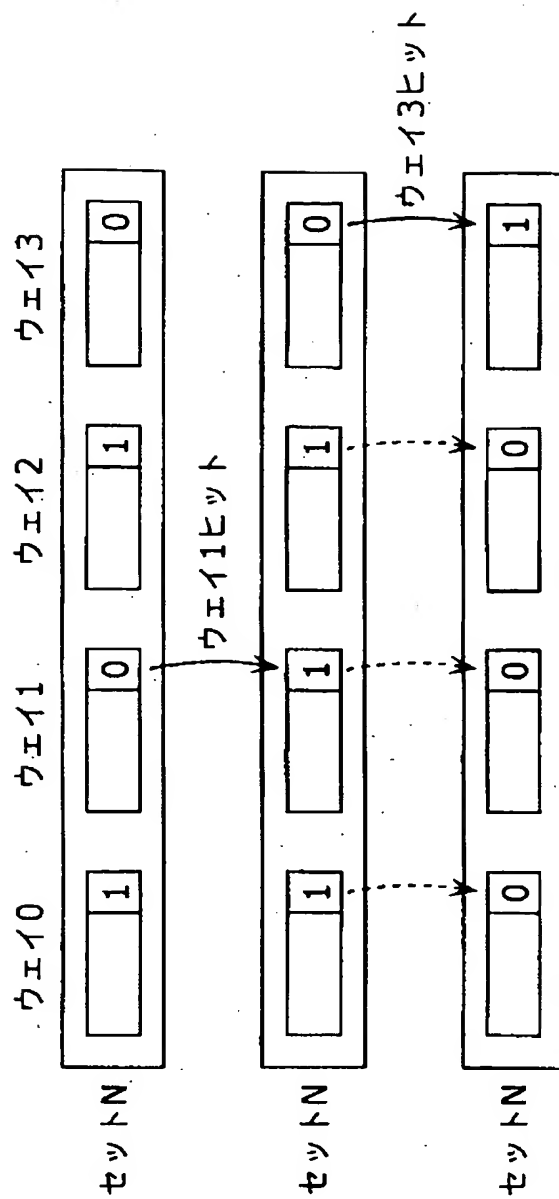
[図11]



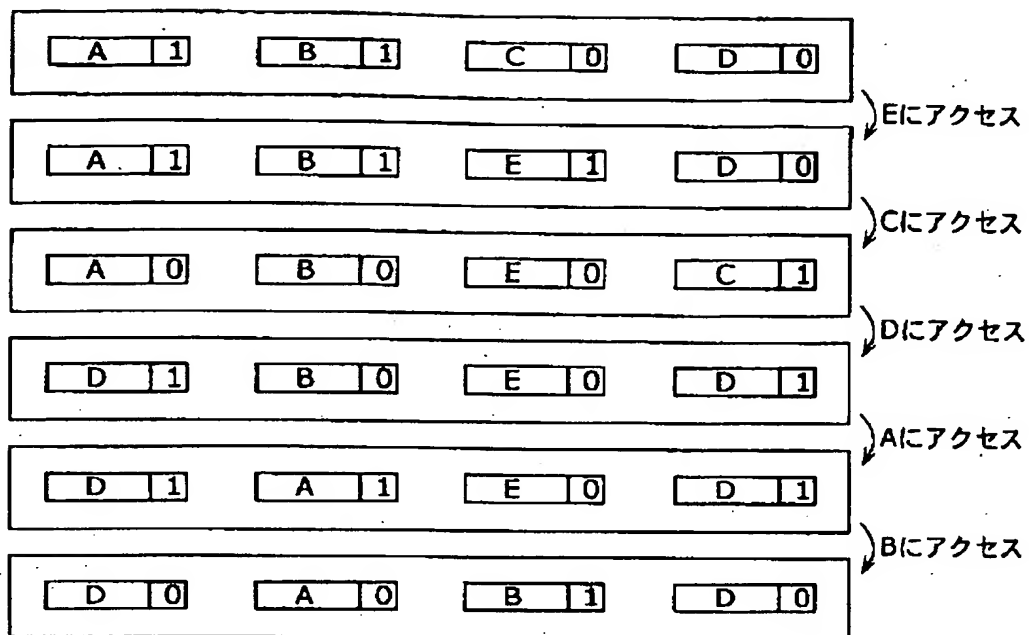
[図12]



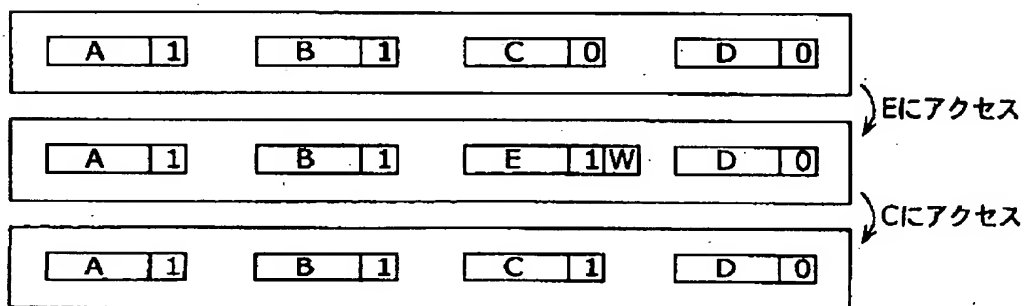
[図13]



[図14A]

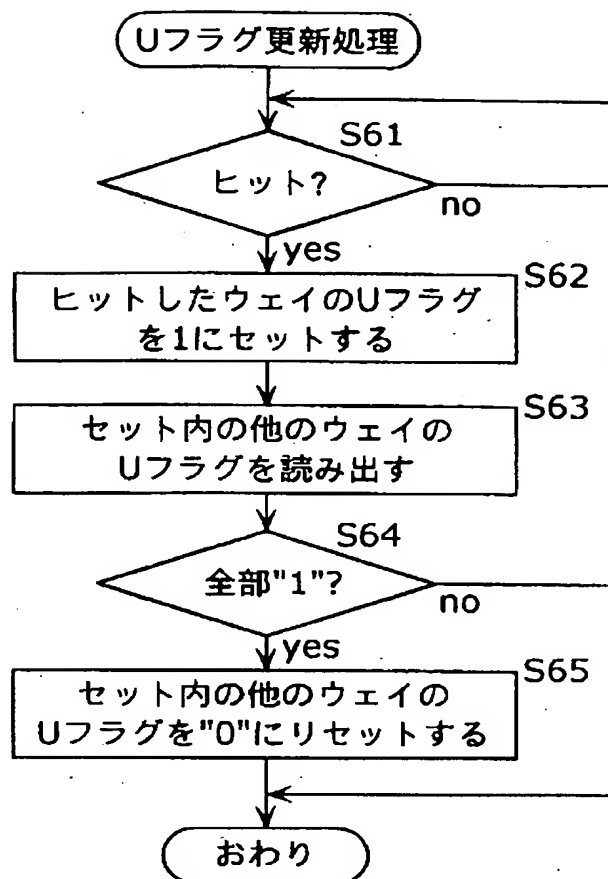


[図14B]

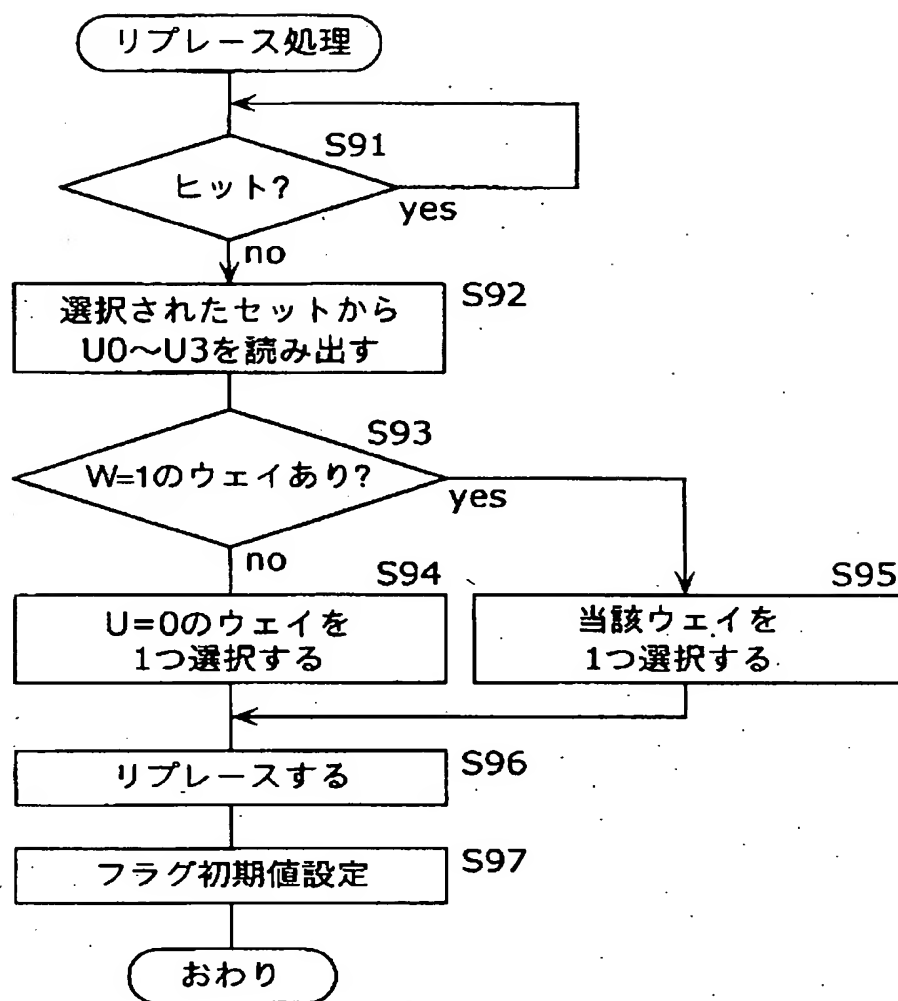




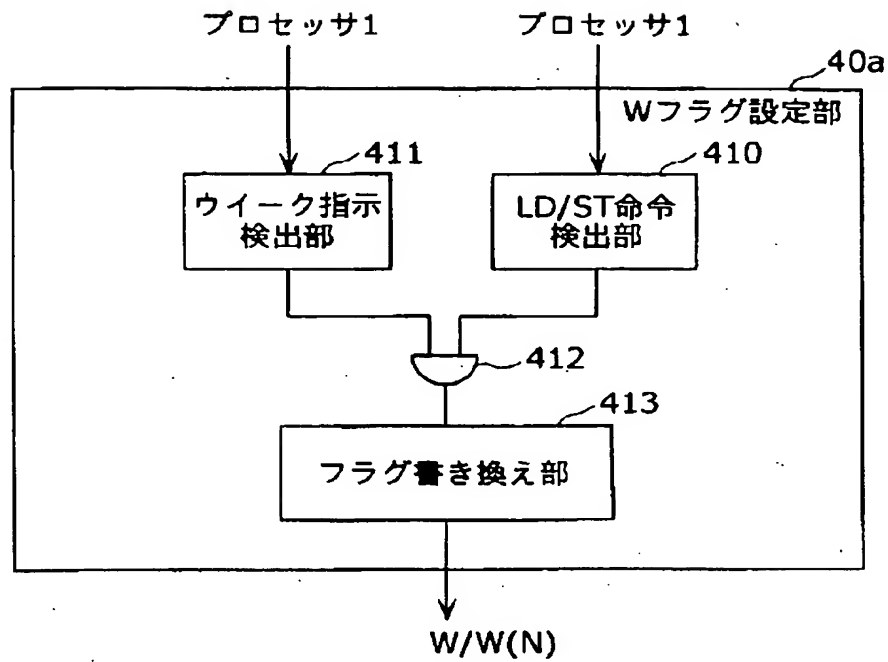
[図15]



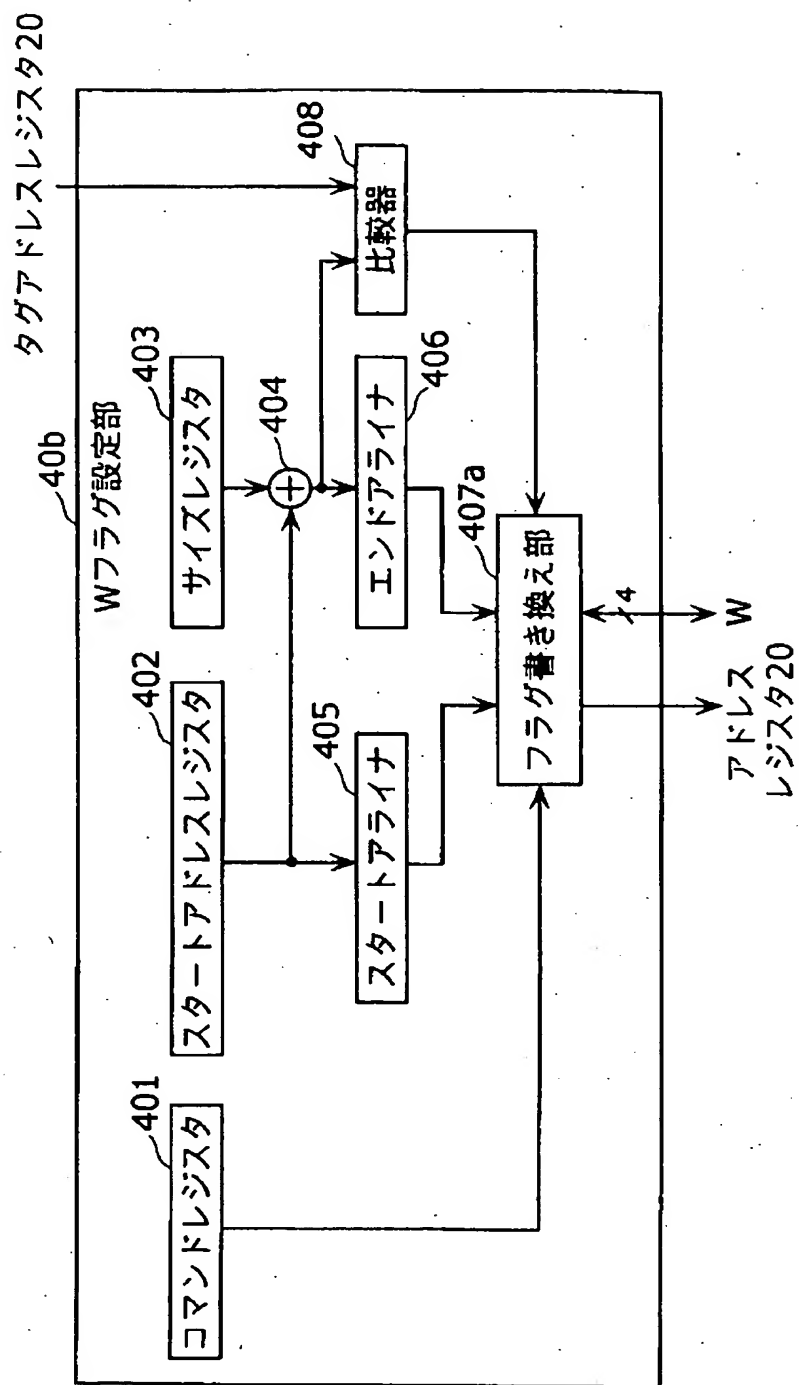
[図16]



[図17]



[図18]



# PATENT COOPERATION TREATY

# PCT

## INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY (Chapter I of the Patent Cooperation Treaty)

(PCT Rule 44bis)

|  |  |  |
|--|--|--|
| Applicant's or agent's file reference<br>P35518-P0   | <b>FOR FURTHER ACTION</b>  | See item 4 below   |
| International application No.<br>PCT/JP2004/016272   | International filing date ( <i>day/month/year</i> )<br>02 November 2004 (02.11.2004) | Priority date ( <i>day/month/year</i> )<br>18 November 2003 (18.11.2003) |
| International Patent Classification (8th edition unless older edition indicated)<br>See relevant information in Form PCT/ISA/237 |  |  |
| Applicant<br>MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.  |  |  |

|                                     |  |   |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |
|-------------------------------------|--|---|-----------|---------------------|--------------------------|------------|----------|--------------------------|-------------|--|--------------------------|------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------|---|--------------------------|------------|-------------------------|--------------------------|-------------|--|--------------------------|--------------|---|
| 1.                                  | This international preliminary report on patentability (Chapter I) is issued by the International Bureau on behalf of the International Searching Authority under Rule 44 <i>bis</i> .1(a).  |   |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |
| 2.                                  | This REPORT consists of a total of 4 sheets, including this cover sheet.<br><br>In the attached sheets, any reference to the written opinion of the International Searching Authority should be read as a reference to the international preliminary report on patentability (Chapter I) instead.  |   |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |
| 3.                                  | <p>This report contains indications relating to the following items:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 10%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="width: 30%;">Box No. I</td> <td style="width: 60%;">Basis of the report</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Box No. II</td> <td>Priority</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Box No. III</td> <td>Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Box No. IV</td> <td>Lack of unity of invention</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Box No. V</td> <td>Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Box No. VI</td> <td>Certain documents cited</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Box No. VII</td> <td>Certain defects in the international application</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Box No. VIII</td> <td>Certain observations on the international application</td> </tr> </table> | <input checked="" type="checkbox"/>   | Box No. I | Basis of the report | <input type="checkbox"/> | Box No. II | Priority | <input type="checkbox"/> | Box No. III | Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability | <input type="checkbox"/> | Box No. IV | Lack of unity of invention | <input checked="" type="checkbox"/> | Box No. V | Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement | <input type="checkbox"/> | Box No. VI | Certain documents cited | <input type="checkbox"/> | Box No. VII | Certain defects in the international application | <input type="checkbox"/> | Box No. VIII | Certain observations on the international application |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Box No. I  | Basis of the report   |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |
| <input type="checkbox"/>            | Box No. II   | Priority  |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |
| <input type="checkbox"/>            | Box No. III  | Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability  |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |
| <input type="checkbox"/>            | Box No. IV   | Lack of unity of invention  |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Box No. V  | Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |
| <input type="checkbox"/>            | Box No. VI   | Certain documents cited   |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |
| <input type="checkbox"/>            | Box No. VII  | Certain defects in the international application  |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |
| <input type="checkbox"/>            | Box No. VIII   | Certain observations on the international application   |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |
| 4.                                  | The International Bureau will communicate this report to designated Offices in accordance with Rules 44bis.3(c) and 93bis.1 but not, except where the applicant makes an express request under Article 23(2), before the expiration of 30 months from the priority date (Rule 44bis .2).   |   |           |                     |                          |            |          |                          |             |  |                          |            |                            |                                     |           |   |                          |            |                         |                          |             |  |                          |              |   |

|   |  |   |   |                                |  |
|---|--|---|---|--------------------------------|--|
| The International Bureau of WIPO<br>34, chemin des Colombettes<br>1211 Geneva 20, Switzerland<br><br>Facsimile No. +41 22 740 14 35 | <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Date of issuance of this report<br/>22 May 2006 (22.05.2006)</td> <td style="width: 50%;">Authorized officer<br/><br/>Masashi Honda</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Telephone No. +41 22 338 70 10</td> </tr> </table> | Date of issuance of this report<br>22 May 2006 (22.05.2006) | Authorized officer<br><br>Masashi Honda | Telephone No. +41 22 338 70 10 |  |
| Date of issuance of this report<br>22 May 2006 (22.05.2006)   | Authorized officer<br><br>Masashi Honda  |   |   |                                |  |
| Telephone No. +41 22 338 70 10  |  |   |   |                                |  |

特許協力条約

発信人 日本国特許庁（国際調査機関）

|  |   |
|--|---|
| 出願人代理人<br>新居 広守<br>あて名<br>〒 532-0011<br>大阪府大阪市淀川区西中島3丁目11番26号<br>新大阪末広センタービル3F<br>新居国際特許事務所内 | 様 |
|--|---|

|                   |
|-------------------|
| REC'D 13 JAN 2005 |
| WIPO PCT          |

PCT  
国際調査機関の見解書  
(法施行規則第40条の2)  
[PCT規則43の2.1]

|                |           |
|----------------|-----------|
| 発送日<br>(日.月.年) | 11.1.2005 |
|----------------|-----------|

|                   |           |                         |
|-------------------|-----------|-------------------------|
| 出願人又は代理人<br>の書類記号 | P35518-PO | 今後の手続きについては、下記2を参照すること。 |
|-------------------|-----------|-------------------------|

|                             |                             |                           |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 国際出願番号<br>PCT/JP2004/016272 | 国際出願日<br>(日.月.年) 02.11.2004 | 優先日<br>(日.月.年) 18.11.2003 |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|

|              |          |                        |
|--------------|----------|------------------------|
| 国際特許分類 (IPC) | Int. Cl. | G06F12/12<br>G06F12/08 |
|--------------|----------|------------------------|

|              |            |
|--------------|------------|
| 出願人 (氏名又は名称) | 松下電器産業株式会社 |
|--------------|------------|

|   |  |
|---|--|
| 1. この見解書は次の内容を含む。   |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> 第I欄   | 見解の基礎  |
| <input type="checkbox"/> 第II欄   | 優先権  |
| <input type="checkbox"/> 第III欄  | 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解の不作成                                    |
| <input type="checkbox"/> 第IV欄   | 発明の単一性の欠如  |
| <input checked="" type="checkbox"/> 第V欄   | PCT規則43の2.1(a)(i)に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明 |
| <input type="checkbox"/> 第VI欄   | ある種の引用文献   |
| <input type="checkbox"/> 第VII欄  | 国際出願の不備  |
| <input type="checkbox"/> 第VIII欄   | 国際出願に対する意見   |
| 2. 今後の手続き   |  |
| 国際予備審査の請求がされた場合は、出願人がこの国際調査機関とは異なる国際予備審査機関を選択し、かつ、その国際予備審査機関がPCT規則66.1の2(b)の規定に基づいて国際調査機関の見解書を国際予備審査機関の見解書とみなさない旨を国際事務局に通知していた場合を除いて、この見解書は国際予備審査機関の最初の見解書とみなされる。 |  |
| この見解書が上記のように国際予備審査機関の見解書とみなされる場合、様式PCT/ISA/220を送付した日から3月又は優先日から22月のうちいずれか遅く満了する期限が経過するまでに、出願人は国際予備審査機関に、適当な場合は補正書とともに、答弁書を提出することができる。                             |  |
| さらなる選択肢は、様式PCT/ISA/220を参照すること。  |  |
| 3. さらなる詳細は、様式PCT/ISA/220の備考を参照すること。   |  |

|   |                          |            |      |
|---|--------------------------|------------|------|
| 見解書を作成した日   |                          | 21.12.2004 |      |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁 (ISA/JP)<br>郵便番号100-8915<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 特許庁審査官 (権限のある職員)<br>清木 泰 | 5N         | 9643 |
| 電話番号 03-3581-1101 内線 3585                                       |                          |            |      |

様式PCT/ISA/237 (表紙) (2004年1月)

## 第 I 欄 見解の基礎

1. この見解書は、下記に示す場合を除くほか、国際出願の言語を基礎として作成された。

- ☐ この見解書は、\_\_\_\_\_語による翻訳文を基礎として作成した。  
それは国際調査のために提出された P C T 規則 12.3 及び 23.1(b) にいう翻訳文の言語である。

2. この国際出願で開示されかつ請求の範囲に係る発明に不可欠なヌクレオチド又はアミノ酸配列に関して、以下に基づき見解書を作成した。

- a. タイプ ☐ 配列表  
☐ 配列表に関連するテーブル
- b. フォーマット ☐ 書面  
☐ コンピュータ読み取り可能な形式
- c. 提出時期 ☐ 出願時の国際出願に含まれる  
☐ この国際出願と共にコンピュータ読み取り可能な形式により提出された  
☐ 出願後に、調査のために、この国際調査機関に提出された

3. ☐ さらに、配列表又は配列表に関連するテーブルを提出した場合に、出願後に提出した配列若しくは追加して提出した配列が出願時に提出した配列と同一である旨、又は、出願時の開示を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

4. 補足意見：

## 第V欄 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についてのPCT規則43の2.1(a)(i)に定める見解、それを裏付ける文献及び説明

## 1. 見解

|                |                   |        |
|----------------|-------------------|--------|
| 新規性 (N)        | 請求の範囲 2-6, 9      | 有<br>無 |
|                | 請求の範囲 1, 7, 8, 10 |        |
| 進歩性 (IS)       | 請求の範囲 3-6         | 有<br>無 |
|                | 請求の範囲 1, 2, 7-10  |        |
| 産業上の利用可能性 (IA) | 請求の範囲 1-10        | 有<br>無 |
|                | 請求の範囲             |        |

## 2. 文献及び説明

文献1: JP 6-348595 A (株式会社日立製作所)

1994. 12. 22 & US 5546559 A

文献2: JP 61-290555 A (株式会社東芝) 1986. 12. 20  
& EP 0203601 A2 & US 4920478 A

文献3: JP 51-19453 A (富士通株式会社) 1976. 02. 16

●請求の範囲1, 7, 10は文献1乃至3により新規性及び進歩性を有しない。文献1乃至3のいずれにも、複数のキャッシュエントリー間の実際のアクセス順序に関する情報を改変するか、または、別の情報を追加した上で、改変または追加した情報を用いてリプレースすべきエントリーを選択する技術が教示されている。

●請求の範囲2, 9は文献1乃至3により進歩性を有しない。プロセッサからメモリアドレスの範囲を指定して、そのメモリアドレス範囲のデータを有するキャッシュエントリーの何らかの属性を変更するようにすること自体は、当業者には周知な技術である。

●請求の範囲3, 4, 5, 6は文献1乃至3に対して進歩性を有する。プロセッサからメモリアドレスの範囲を指定された際に、当該メモリアドレスの範囲の先頭アドレスがキャッシュラインの途中を指す場合に、当該先頭アドレスを当該メモリアドレスの範囲内に包含されるキャッシュラインのうちの先頭のキャッシュラインを指すように変換し、かつ、当該メモリアドレス範囲の末尾アドレスがキャッシュラインの途中を指す場合に、当該末尾アドレスを当該メモリアドレスの範囲内に包含されるキャッシュラインのうち末尾のキャッシュラインを指すように変換した上で、このように変換されたメモリアドレスの範囲を用いてキャッシュエントリーのアクセス順序に関する情報の改変または追加を行うという点は、文献1乃至3には記載も示唆もされていない。

●請求の範囲8は文献1及び2により新規性及び進歩性を有しない。文献1及び2のいずれにも、アクセス命令に、キャッシュエントリー間のアクセス順序に関する情報を改変するか、または、別の情報を追加することを示すフィールドを備える技術が教示されている。